Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 16, No. 4, Oct- Nov 2020, p. 437-452

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 16، شماره 4، مهر - آبان 1399، ص. 452-437

مقاله علمی-پژوهشی

# بررسی اثر جایگزینی آرد گندم با پودر هسته انار بر ویژگی‌های کیفی کیک اسفنجی

فاطمه ایوانی[1]- بهزاد ناصحی[2*]- محمد نوشاد[3]- حسن برزگر[4]

تاریخ دریافت: 1398/04/02
تاریخ پذیرش: 1398/06/30

## چکیده

امروزه تمایل مصرف‌کننده به محصولات سلامتی‌بخش افزایش یافته است. از آنجایی که کیک‌های رایج با کمبود ترکیبات ارزشمندی مانند فیبر و آنتی‌اکسیدان همراه هستند، پژوهشگران به دنبال غنی‌سازی آنها با مواد مختلف دورریز می‌باشند. در این پژوهش اثر جایگزینی آرد گندم با پودر هسته انار (صفر تا 50 درصد) و صمغ زانتان (صفر تا 0/3درصد) بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی (تخلخل، شاخص حجم، فیبر، پروتئین)، کیفی (دانسیته، سفتی، افت وزنی، تقارن، حجم، رنگ) و حسی (بافت، سفتی، عطر و طعم، قابلیت جویدن، پذیرش کلی) کیک با استفاده از روش سطح پاسخ مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که افزایش جایگزینی پودر هسته انار تأثیر مثبت و معنی‌داری بر محتوای فیبر، پروتئین و افت وزنی و تأثیر منفی بر روی ویژگی‌های دانسیته، سفتی بافت، تقارن، شاخص حجم، شاخص‌های رنگی، پذیرش کلی و عطر و طعم نمونه‌ها داشت. همچنین افزایش درصد صمغ زانتان تأثیر مثبت و معنی‌داری بر روی ویژگی‌های دانسیته، سفتی بافت، حجم، تخلخل، شاخص حجم و افت وزنی نمونه‌ها داشت. به‌طور کلی ارزیابی تمام ویژگی‌ها نشان داد که نمونه کیک حاوی 0/1 درصد صمغ و 22/22 درصد پودر هسته انار دارای بهترین کیفیت است. از سوی دیگر مقایسه نمونه بهینه و شاهد حاکی از ان است که جایگزینی پودر هسته انار سبب افزایش ترکیبات فنولی و کاهش عدد پراکسید شده است.

**واژه‌های کلیدی:** هسته انار، فراسودمند، فیبر رژیمی، کیک اسفنجی

## مقدمه

فراورده‌های حاصل از گندم به علت راحتی مصرف و عمر ماندگاری بالا از پرمصرف‌ترین محصولات غذایی در سراسر جهان محسوب می‌شود. از میان این محصولات کیک، به‌واسطه ویژگی‌های ارگانولپتیک مناسب، مورد استقبال و پسند مصرف کننده‌ها واقع شده است. بر اساس فرمولاسیون و روش تهیه، انواع مختلفی از کیک وجود دارد که می‌توان به کیک‌های اسفنجی، لایه‌ای، روغنی، کیک-های جعبه‌ای و غیره اشاره کرد (شهیدی و همکاران، 1393). کیک اسفنجی یکی از فراورده‌های غلات بوده که کمبود فیبرهای رژیمی از مشکلات عمده موجود در این محصول می‌باشد (صالحی و همکاران، 1395). در سال‌های اخیر استقبال از غذاهای عملگرا به‌طور روز افزون در حال افزایش است. فیبرهای رژیمی ویژگی‌های تغذیه ای بسیار مفیدی دارند که سالهاست به‌عنوان یکی از اجزای اصلی غذاهای عملگرا شناخته شده‌اند. به‌طور مثال فیبرهای محلول موجب کاهش کلسترول خون و فیبرهای نامحلول موجب کاهش خطر ابتلا به سرطان روده می‌شوند. امروزه از فراورده‌های نانوایی با انرژی کم و میزان فیبر رژیمی بالا استقبال می‌شود (همتیان سورکی و همکاران، 1391). افزایش تقاضا برای محصولات فراسودمند باعث شده که برای افزایش و حفظ کیفیت محصولات مختلف تلاش‌های زیادی صورت گیرد. کیک اسفنجی یکی از فراورده‌های غلات است که فقدان مواد ارزشمندی نظیر فیبرهای رژیمی از مشکلات عمده آن می‌باشد (Lebesi and Tzia, 2011). انار با نام علمی *mutanarg* L. *acinup* از خانواده eaecacinup است. به علت بومی بودن انار در منطقه خاورمیانه بیشترین سطح زیر کشت دنیا مربوط به همین نواحی می‌باشد. در حال حاضر علاوه بر ایران که بیشترین میزان سطح زیر کشت و تولید انار در جهان را به‌خود اختصاص داده است، در کشورهایی چون ترکیه، افغانستان، هندوستان، گرجستان، ژاپن، آمریکا و اسپانیا نیز کشت این محصول مرسوم است. میزان تولید انار در سال 2012 حدود 180 هزار تن بود و ایران سهم 47 درصدی را در این میان به خود اختصاص داده است (FAO, 2012). این میوه محتوی مقدار قابل توجهی هسته می‌باشد که بر حسب رقم از 40 تا 100 گرم در کیلوگرم میوه متغیر است این هسته‌ها به‌عنوان محصول فرعی بعد از فرایند محسوب می‌شوند که محتوی مقدار قابل توجهی روغن، پروتئین، فیبر، قند و مواد معدنی ضروری هستند (داداشی و همکاران، 1390). هسته برخی از ارقام انار غنی از روغن می‌باشد که بین 140 تا

1، 3 و 4- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، استادیار و دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.
2-دانشیار گروه مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران
(*-نویسنده مسئول: Email: Nasehi.b@pnum.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v16i4.81476

270 گرم در کیلوگرم ماده خشک متغیر است (هرناندز و همکاران، 2000). نتایج نشان داده که به‌طور میانگین محتوای روغن، فیبر خام، پروتئین، ارزش تغذیه‌ای، فسفر، منیزیم، کلسیم، پتاسیم در هسته انار به‌ترتیب برابر 16/9، 42/4، 10/7درصد، 460/7 کیلوکالری در صد گرم، 2766/3 میلی‌گرم در کیلوگرم، 2052/0 میلی‌گرم، 675/3 میلی-گرم در کیلوگرم و 3724/6 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. اسید چرب عمده شناسایی شده توسط کروماتوگرافی گازی، پونیسیک اسید بوده که محدوده آن بین 73/31- 72/07 متغیر بود. نسبت اسیدهای چرب چندغیراشباع به اشباع و غیراشباع به اشباع در روغن هسته انار به‌ترتیب در محدوده 9/174 تا 9/450 و 10/325 تا 10/861 به‌دست آمده است (داداشی و همکاران، 1390). برای غنی‌سازی کیک و بیسکوئیت از مواد مختلفی استفاده شده است، برای مثال Fahloul و همکاران (2010) از پودر خرما در مقادیر صفر، 10، 20، 40 و 60 درصد جایگزین آرد، در تهیه بیسکوییت استفاده کردند و بیسکوییت-های حاصل از لحاظ محتوی رطوبت، فعالیت آبی، رنگ و سفتی ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که جایگزینی پودر خرما اثری بر روی محتوای رطوبت نداشته اما باعث کاهش میزان سفتی بیسکوییت و تغییر رنگ در آنها می‌شود. بررسی جایگزینی آرد گندم با مخلوط سبوس گندم و پودر خرما حاکی از افزایش جذب آب و کاهش پایداری خمیر کیک است(Lebesi and Tzia, 2011). افزودن فیبرهای مغذی به کیک باعث تولید کیک‌های با حجم بیشتر و بافت نرم تر نسبت به نمونه شاهد شد در حالیکه افزودن سبوس غلات به کیک باعث تولید کیک‌هایی با حجم کمتر و بافت سخت‌تر نسبت به نمونه شاهد شد (Lebesi and Tzia, 2011). هیدروکلوئیدها به‌عنوان صمغ‌های محلول در آب، به‌طور گسترده به‌عنوان یک ماده افزودنی در تولید محصولات نانوایی مورد استفاده قرار می‌گیرند (باقری و همکاران، 1393). اثرات عملکردی هیدروکلوئیدها از توانایی آن‌ها برای تغییر خواص رئولوژی خمیرها و محصولات پخت تا حفظ کیفیت محصولات نهایی پخت را شامل می‌شود. از مهم‌ترین هیدروکلوئیدهایی که برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد می-توان به صمغ کربوکسی متیل‌سلولز، گوار و صمغ زانتان اشاره کرد (باقری و همکاران، 1393). صمغ زانتان یک پلی‌ساکارید خارج سلولی است که توسط باکتری *Xanthomonas campestris* و برخی دیگر از گونه‌های زانتوموناس تولید می‌گردد. همچنین با افزودن صمغ زانتان میزان سفتی، رطوبت و ویسکوزیته تمام نمونه‌ها افزایش یافت و ارزیابی حسی نشان داد که نمونه‌های حاوی صمغ زانتان و کنجاله بادام شیرین نسبت به نمونه شاهد از مطلوبیت بیشتری برخوردار بودند (عوض‌صوفیان و همکاران، 1393). هدف از انجام این پژوهش بررسی جایگزینی سطوح مختلف آرد گندم با پودر دانه انار به‌منظور دستیابی به کیک با بافت و خواص تغذیه‌ای مناسب می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده شامل: آرد گندم از کارخانه آرد جنوب، روغن مایع نسترن (57 درصد)، شکر آسیاب شده (72 درصد)، تخم‌مرغ تلاونگ (72 درصد)، بکینگ پودر با نام تجاری هرمین (شهریار، ایران) (1/34 درصد)، شیر خشک کارخانه پگاه شوش (2 درصد)، وانیل با نام تجاری گلها (0/5 درصد) و آب (25) درصد بر اساس نسبت وزنی-وزنی آرد بود. صمغ زانتان، با نام تجاری RhodiaGel (Xantan Gum, E415) از شرکت Rhodia Food فرانسه خریداری شد.

انار رقم ملس ساوه به‌صورت تازه از بازار شهرستان ملاثانی خوزستان خریداری شد، سپس دانه‌های آن جدا و با آب‌میوه‌گیر (پارس خزر، JC700P، ایران) آب‌گیری شد. هسته‌ها در دمای 50 درجه سانتی‌گراد به مدت 2 روز خشک شدند. هسته‌های انار پس از خشک شدن توسط آسیاب آزمایشگاهی (آسان توس شرق، 3000) آسیاب شد و پس از عبور از الک با مش 35 تا زمان استفاده در یخچال نگهداری شدند.

### تولید کیک

خمیر کیک طبق روش چهار طاق و همکاران (1396) تهیه شد. آرد هسته انار و صمغ زانتان همراه با بقیه مواد پودری الک و سپس به مخلوط مواد مایع اضافه شد. خمیر تهیه شده درون قالب ریخته شد، سپس قالب‌ها برای پخت به مدت 30 دقیقه درون فر با دمای 175 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. کیک‌ها پس از خروج از فر و سرد شدن درون بسته‌بندی‌های پلی‌اتیلنی و در دمای اتاق تا انجام آزمون-های بعدی نگهداری شدند.

### ارزیابی ویژگی‌های کیک

بررسی سفتی بافت نمونه‌های کیک توسط دستگاه بافت‌سنج مدل TA-XT-PLUS (Micro stable system، انگلستان) طبق روش 09-74 AACC، برای اندازه‌گیری درصد افت وزنی نمونه‌های کدگذاری شده قبل و بعد از پخت با دقت 0/001 گرم توزین شده و درصد افت وزنی محاسبه شد. (آقامحمدی و همکاران، 1391). محتوی فیبر خام نمونه‌ها، محتوی پروتئین ، شاخص حجم و تقارن و حجم طبق روش AACC به‌ترتیب شماره‌های 10-30، 46-12، 10-91،(2000) 72-10 انجام شد. سپس با توزین نمونه و مشخص بودن حجم، دانسیته از نسبت وزن به حجم محاسبه شد. ویژگی‌های حسی از طریق آزمون هدونیک 5 نقطه‌ای (امتیاز 5 عالی و امتیاز 1 ناخوشایند) مشخص شد. برای اجرای این آزمون از 10 نفر از دانشجویان دختر و پسر مقطع کارشناسی و کارشناسی‌ارشد، رشته صنایع غذایی، در محدوده سنی 24-26 ساله که آموزش دیده

بودند،استفاده شد. محتوای فنول کل نمونه‌ها طبق روش رنگ‌سنجی با استفاده از معرف فولین سیوکالتیو انجام شد( Singleton, Orthofer, & Lamuela-Raventos, 1999) و عدد پراکسید نمونه‌های روغن از طریق تیتراسیون با تیوسولفات سدیم به روش (AOCS cd–8-53) تعیین شد.

برای بررسی تخلخل و رنگ مغز و پوسته کیک‌های غنی شده، از روش پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور، عکس‌برداری در جعبه مخصوص مجهز به نور سفید یکنواخت در همه جهات و از فاصله ثابت توسط دوربین عکاسی canon مدل powershot Sx60HS انجام شد. تصاویر با فرمت JPG ذخیره شدند. برای به‌دست آوردن سطوح یکسان از تصویر هر نمونه با استفاده از نرم‌افزار فتوشاپ (Adob photoshop CS6) تصاویر در ابعاد 504 ×457 پیکسل برای مغز و پوسته تهیه شدند. برای رنگ‌سنجی نمونه‌ها، فضای رنگی RGB توسط نرم‌افزار Imagej به $L^*$، $a^*$ و $b^*$ تبدیل شد ( Nouri *et al*, 2017).

**جدول 1- مبنای بهینه‌سازی**

| صفت | هدف | اهمیت | وزن |
|---|---|---|---|
| **دانسیته** | حد مطلوب | 7 | 5 |
| **سفتی** | کمینه | 10 | 10 |
| **افت وزنی** | کمینه | 4 | 3 |
| **تقارن** | کمینه | 5 | 5 |
| **تخلخل** | بیشینه | 9 | 7 |
| **شاخص حجم** | حد مطلوب | 6 | 5 |
| **فیبر** | بیشینه | 10 | 10 |
| **پروتئین** | بیشینه | 9 | 9 |
| **بافت** | کمینه | 8 | 7 |
| **عطر و طعم** | بیشینه | 9 | 9 |
| **قابلیت جویدن** | بیشینه | 8 | 7 |
| **پذیرش کلی** | کمینه | 9 | 8 |

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این پژوهش برای برآورد تأثیر متغیرهای مستقل ($\beta_1$: درصد جایگزینی آرد گندم با آرد هسته انار و $\beta_2$: درصد صمغ زانتان) بر متغیرهای وابسته از روش سطح پاسخ با نرم‌افزار مینی تب نسخه 16 استفاده شد. آنالیز واریانس (ANOVA) برای تعیین معنی‌داری مدل-ها و عبارات معادله مورد بررسی و فاکتورهای غیرمعنی‌دار مشخص شد. همچنین شاخص‌های عدم تناسب، ضریب تعیین ($R^2$)، ضریب تعیین تعدیل شده ($R^2$- adj) و شاخص دقت کفایت به‌منظور بررسی کفایت مدل ارزیابی شد (Nouri *et al.*, 2017). یکی از کاربردهای اصلی روش سطح پاسخ، بهینه‌سازی متغیرها است. بهینه‌سازی متغیرها به گونه‌ای صورت می گیرد که با استفاده از مجموع پاسخ‌ها مهم‌تر طبق شرایط جدول 1، تیمار مناسبی با حداکثر مطلوبیت تعیین شود، بدین منظور بهینه‌سازی عددی به‌منظور دستیابی به سطوح بهینه متغیرهای مستقل انجام شد. جهت مطالعه اختلافات بین نمونه بهینه و شاهد از روش آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و آزمون فیشر در سطح آماری 5% استفاده شد.

## نتایج و بحث

### ویژگی‌های آرد

آرد گندم مورد استفاده با درجه استخراج 72 دارای 12 درصد رطوبت، 0/52 درصد خاکستر، 4 درصد چربی، 12درصد پروتئین، 27/5 درصد گلوتن مرطوب، عدد زلنی 21 میلی‌لیتر و pH برابر 5/83 بود.

### ویژگی‌های کیک

بررسی تغییرات همه ویژگی‌های کیفی مورد بررسی در جدول 2 نشان می‌دهد که مدل‌های پیشنهادی در این پژوهش از $R^2$ و $R^2$ (adj) متناسب، بالا و معنی‌داری برخوردار هستند. همچنین آزمون عدم برازش آن‌ها معنی‌دار نیست که نشان‌دهنده کارایی مدل ارائه شده در پیش‌بینی ویژگی مورد ارزیابی است.

#### دانسیته

بررسی آنالیز واریانس در جدول 2 نشان داد که اثر خطی آرد هسته انار ($P<0/001$) و صمغ زانتان ($P<0/01$) و نیز اثر درجه دوم

صمغ زانتان($P<0/001$) معنی‌دار شدند. سایر ضرایب بر این ویژگی اثر معنی‌دار نداشتند. همان‌طوری که در شکل 1 (الف) ملاحظه می‌شود بیشترین میزان دانسیته مربوط به تیمار دارای 0/15 درصد صمغ و 50 درصد جایگزینی و کمترین میزان دانسیته مربوط به تیمار دارای 7/32 درصد جایگزینی و 0/04 درصد صمغ بود. میزان بالای جایگزینی موجب افزایش دانسیته شد. دانسیته و حجم کیک تحت تأثیر بسیاری از فاکتورها قرار دارد که از میان آنها ثبات خمیر (batter consistency) و حباب‌های هوای به دام افتاده در طول مخلوط کردن نقش مهمی را ایفا می‌کند. همچنین بایستی ثبات خمیر برای حفظ حباب‌های هوا در طول مخلوط کردن و دی‌اکسید کربن تولید شده توسط بکینگ‌پودر در طول پخت کافی باشد. هنگامی که ثبات خمیر بالا باشد حباب‌های هوا به اندازه کافی نمی‌توانند در خمیر به دام بیفتند در حالی که در یک خمیر با ثبات کم به‌راحتی رها می‌شوند. بنابراین افزایش کمی در ثبات خمیر می‌تواند در حفظ گازها و افزایش حجم کیک کمک کند. در مقابل افزایش زیاد در قوام خمیر می‌تواند مانع گسترش و کاهش حجم و افزایش دانسیته شود. به‌نظر می‌رسد افزایش میزان جایگزینی موجب افزایش زیاد در ثبات خمیر و افزایش دانسیته شده است (Majzoobi *et al*., 2013). جایگزین کردن تفاله سیب به‌عنوان منبعی از فیبر و پلی فنول در کیک اسفنجی، موجب افزایش دانسیته و کاهش حجم شد (Sudha *et al*., 2006).

**جدول 2- آنالیز واریانس ویژگی‌های کیفی کیک**

| منابع | حجم ($cm^3$) | تقارن (cm) | افت وزنی (gr) | سفتی (N) | دانسیته ($gr/cm^3$) |
|---|---|---|---|---|---|
| رگرسیون | 34/26*** | 5/76* | 7/18* | 10/70** | 35/63*** |
| خطی | 74/77*** | 11/020** | 14/56** | 8/93* | 51/60*** |
| $\beta_1$ | 141/33*** | 21/86** | 21/32** | 17/86** | 85/64*** |
| $\beta_2$ | 8/21* | 0/53 ns | 7/79* | 0 ns | 17/56** |
| درجه دوم | 10/74** | 2/38 ns | 3/38* | 7/60* | 36/27*** |
| $\beta_{11}$ | 13/60** | 1/14 ns | 0/24 ns | 3/45 ns | 0/01 ns |
| $\beta_{22}$ | 10/67* | 3/05 ns | 6/75* | 9/95* | 71/06*** |
| برهمکنش | 0/25 ns | 1/64 ns | 0 ns | 20/43** | 2/43 ns |
| $\beta_{12}$ | 0/25 ns | 1/64 ns | 0 ns | 20/43** | 2/43 ns |
| عدم برازش | 0/48 ns | 1/33 ns | 0/26 ns | 0/38 ns | 2/03 ns |
| CV | 12/27 | 0/011 | 14/19 | 21/72 | 0/061 |
| Press | 33/929 | 0/005 | 1/010 | 0/019 | 0/007 |
| $R^2$ | 96/07 | 80/44 | 83/68 | 88/43 | 96/22 |
| $R^2$-adjust | 93/27 | 66/48 | 72/02 | 80/16 | 93/52 |

*معنی‌دار در سطح 0/05، **معنی‌دار در سطح 0/01، ***معنی‌دار در سطح 0/001 و ns غیر معنی‌دار بودن را نشان می‌دهد.

**سفتی**

آنالیز واریانس نتایج بررسی ویژگی سفتی در جدول 2 نشان داد که اثر خطی آرد هسته انار ($P<0/01$) و درجه دوم صمغ ($P<0/05$) همچنین اثر متقابل آرد هسته انار و صمغ زانتان ($P<0/01$) معنی‌دار شدند. سایر ضرایب برای این ویژگی معنی‌دار نشدند. بیشترین میزان سفتی مربوط به تیمار دارای 42/67 درصد آرد هسته انار و 0/25 درصد صمغ زانتان و کمترین میزان سفتی مربوط به تیمار دارای 7/32 درصد آرد هسته انار و 0/25 درصد صمغ زانتان و تیمار با 25 درصد آرد هسته انار و 0/30 درصد صمغ بود (شکل 1- ب). افزایش میزان آرد هسته انار موجب افزایش سفتی در نمونه‌ها و افزایش میزان صمغ موجب کاهش سفتی در نمونه‌ها شد که احتمالا به دلیل وجود فیبر و پروتئین در آرد هسته انار و توانایی بالای زانتان در حفظ رطوبت است. بررسی خصوصیات بافت کیک اسفنجی حاوی آرد کنجاله کنجد و آناناس نشان داد که با افزایش میزان آناناس در فرمولاسیون سفتی کیک‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. و در صورتی‌که میزان کنجاله کنجد حدود 24 درصد و میزان آناناس حدود 6 درصد باشد شاخص سفتی در کیک در بالاترین میزان بود. به‌نظر می‌رسد علت این امر وجود پروتیین بالا در کنجاله کنجد باشد که به موجب آن در داخل خمیر شبکه محکم‌تر و غیر قابل انتظار برای کیک ایجاد گردید و به موجب آن حجم کیک کاهش یافت. کاهش حجم خود نیز نشان‌دهنده فشردگی بافت محصول نهایی می‌باشد و باعث افزایش سفتی محصول نهایی می‌گردد. به عبارتی سفتی و استحکام در کیک با حجم آن رابطه عکس داشت (صادقی‌زاده دهکردی و همکاران، 1394). به‌نظر می‌رسد افزایش میزان فیبر در

نمونه‌ها موجب افزایش سفتی نمونه‌ها شده است. هنگامی که درصد فیبر افزایش می‌یابد سفتی نمونه‌ها افزایش می‌یابد که این به میزان هوای حفظ شده توسط خمیر مرتبط است (گومز و همکاران، 2010). بررسی اثر صمغ زانتان بر کیفیت و ماندگاری کیک شیفون نشان داد که کیک‌های تهیه شده با صمغ زانتان در زمان تولید و پس از نگهداری بافت نرم‌تری داشتند این امر احتمالا به دلیل توانایی بالای صمغ زانتان در حفظ رطوبت است (امیرآبادی و همکاران،1393). هیدروکلوئیدها در اثر حرارت تشکیل یک ژل برگشت‌پذیر می‌دهند که در دماهای بالاتر از 50 درجه سانتی‌گراد به صورت ژل بسیار مقاوم درمی‌آیند. این پدیده باعث پایدار کردن ساختار ژلاتینی مغز محصول در طی دماهای پخت شده ولی سفتی بافت مغز را بعد از پخت کاهش می‌دهد (Crockett *et al*, 2009).

**افت وزنی**

بررسی تغییرات فاکتور افت وزنی مطابق جدول 2 نشان داد که اثر خطی آرد هسته انار (P<0/01) و صمغ زانتان (P<0/05) و درجه دوم صمغ زانتان معنی‌دار شدند. افزایش میزان صمغ و درصد جایگزینی منجر به کاهش افت وزنی شد. دلیل آن وجود فیبر و پروتئین در نتیجه جذب و تثبیت آب و دشوار شدن تبخیر رطوبت با افزایش سطح جایگزینی آرد گندم با آرد هسته انار و توانایی بالای زانتان در حفظ رطوبت است. تأثیر کنسانتره آب پنیر و صمغ‌های گوار و زانتان بر خصوصیات کیفی و فیزیکوشیمیایی کیک روغنی نشان داد که افزایش سطوح هر یک از صمغ‌های گوار و زانتان باعث کاهش معنی‌دار افت وزنی نمونه‌ها شد. با توجه به قدرت جذب و قابلیت نگهداری آب بالای هر یک از صمغ‌ها، کاهش میزان از دست رفتن آب در طی فرایند پخت محصول می‌تواند دلیل کاهش افت وزنی با افزایش سطح هر یک از صمغ‌ها باشد (ایوبی و همکاران، 1387). همچنین کیک حاوی فیبر پودر انجیر هندی به علت افزایش ظرفیت جذب آب با افزایش محتوای فیبر، دارای افت وزنی کمتری در مقایسه با نمونه فاقد فیبر بود (Kim *et al*, 2012). پژوهشی دیگر که بر روی بهینه یابی ویژگی‌های کیک رژیمی غنی شده با پودر برگ استویا و صمغ کتیرا، مورد مطالعه قرار گرفته بود نشان داد که افزایش درصد صمغ منجر به کاهش نرخ افت وزنی شد (چهارطاق و همکاران، 1396).

**تقارن**

مطابق جدول 2، برای ویژگی تقارن اثر خطی آرد هسته انار (P<0/01) معنی‌دار شد. مقادیر بالای جایگزینی موجب نامتقارن شدن تیمارها شد در حالی که افزایش میزان صمغ تاثیر چندانی بر روی تقارن نداشت. کیک‌هایی که تقارن بالاتری دارند احتمالا بهتر توانسته‌اند حباب‌های هوا در جریان مخلوط کردن مکانیکی خمیر (کرم کردن) را در خود نگه دارند. این حباب‌ها می‌توانند به‌عنوان هسته‌های اولیه برای توزیع گاز حاصل از مواد شیمیایی پوک‌کننده عمل نموده و توزیع یکنواخت حباب‌های هوا منجر به بهبود تقارن کیک می‌گردد (پیغمبردوست و همکاران، 1394). در پژوهش انجام شده بر روی اثر آرد نارگیل ویرجین بر روی رئولوژی و میکروساختار خمیر و کیک مشخص شد که با افزایش میزان آرد نارگیل، تقارن کاهش می‌یابد. شاخص تقارن مقیاسی از سطح است در حالی که شاخص یکنواختی، مقیاسی از تقارن کیک است. تقارن تفاوت در ارتفاع بین نقطه مرکزی و نقطه جانبی را نشان می‌دهد. بنابراین تقارن بالا نشان می‌دهد که ارتفاع کیک در نقطه مرکزی خود افزایش می‌یابد در حالیکه تقارن منفی نشان می‌دهد که حجم کیک در پایان فرایند پخت کاهش می‌یابد. همچنین علت کاهش شاخص تقارن با سطح بالاتر از 20 درصد آرد نارگیل، حضور مقداری فیبر محبوس شده در هوا در طول مخلوط کردن بود(Srivastava and Semwal, 2015). اثر افزودن فیبر غلات بر کیفیت مافین و کیک نشان داد که افزایش میزان فیبر سبب کاهش در تقارن شد (Foschia *et al.*, 2013).

**حجم**

مطابق جدول 2، بررسی تغییرات فاکتور حجم نشان داد که اثرات خطی آرد هسته انار (P<0/001) و صمغ زانتان (P<0/05) و اثرات درجه دوم آرد هسته انار (P<0/01) و صمغ زانتان (P<0/05) معنی‌دار شدند ولی سایر اثرات معنی‌دار نبودند. افزایش میزان صمغ منجر به افزایش حجم و افزایش میزان آرد هسته انار موجب کاهش حجم گردید. Sudha و همکاران (2006) نشان دادند که افزودن پودر تفاله سیب سبب کاهش حجم کیک و افزایش جذب آب شد. افزودن اکارا نیز باعث کاهش حجم و افزایش دانسیته کیک اسفنجی شد. علت این مشاهده تأثیر منفی اکارا بر انسجام شبکه گلوتنی خمیر است. به علاوه، به دلیل وجود فیبر بالای موجود در اکارا، آب سریع‌تر جذب آن شده و نشاسته آب کافی برای ژلاتیناسیون در اختیار ندارد. این دو عامل موجب کاهش حجم محصول تولیدی می‌شود (مرتضوی‌نژاد و همکاران، 1394).

**محتوی فیبر**

مطابق جدول 3، آنالیز واریانس اثر خطی آرد هسته انار (P<0/001) و درجه دوم آرد هسته انار (P<0/01) معنی‌دار شدند. ولی سایر اثرات معنی‌دار نشدند. آرد هسته انار مورد استفاده در این آزمایش دارای 18/95 درصد فیبر بود. بنابراین همان طوری که در شکل 1 (د) ملاحظه می‌شود با افزایش میزان آرد هسته انار میزان فیبر نمونه‌ها

نیز افزایش یافت. نتایج استفاده از تفاله سیب به عنوان منبع فیبر و پلی فنول بر روی ویژگی‌های رئولوژیکی کیک نشان داد که افزودن آرد تفاله سیب به کیک موجب افزایش محتوای فیبر نمونه‌ها شد. محتوای فیبر برای کیک حاوی تفاله سیب تا 14/2 درصد افزایش یافت در حالیکه برای نمونه شاهد 0/47 درصد بود (Sudha *et al*., 2006). ارزیابی کیفیت تغذیه‌ای و حسی کیک اسفنجی تهیه شده با آرد پالپ و پوست انبه نشان داد که افزودن آرد پالپ و پوست انبه منجر به افزایش قابل توجهی در میزان فیبر خام تیمارها شد (Noor Aziah *et al*., 2011).

**جدول 3- آنالیز واریانس ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک**

| منابع | پروتئین (٪) | فیبر (٪) | شاخص حجم (cm) | تخلخل |
|---|---|---|---|---|
| رگرسیون | 5/70* | 40/53*** | 9/59** | 18/23** |
| خطی | 13/21** | 92/69*** | 22/33** | 44/67*** |
| $\beta_1$ | 26/32** | 185/35*** | 14/87** | 57/94*** |
| $\beta_2$ | 0/10 ns | 0/03 ns | 29/80** | 31/40** |
| درجه دوم | 0/39 ns | 8/42* | 0/80 ns | 0/56 ns |
| $\beta_{11}$ | 0/79 ns | 13/72** | 0/48 ns | 0/68 ns |
| $\beta_{22}$ | 0/02 ns | 1/61 ns | 0/92 ns | 0/30 ns |
| برهمکنش | 1/30 ns | 0/42 ns | 1/69 ns | 0/72 ns |
| $\beta_{12}$ | 1/30 ns | 0/42 ns | 1/69 ns | 0/72 ns |
| عدم برازش | 0/27 ns | 2/45 ns | 3/26 ns | 0/78 ns |
| CV | 8/05 | 41/06 | 38/87 | 38/87 |
| Press | 3/67 | 18/331 | 5/396 | 107/960 |
| $R^2$ | 80/29 | 96/66 | 87/26 | 92/87 |
| $R^2$-adjust | 66/21 | 94/28 | 78/17 | 87/78 |

*معنی‌دار در سطح 0/05، **معنی‌دار در سطح 0/01، ***معنی‌دار در سطح 0/001 و nsغیر معنی‌دار بودن را نشان می‌دهد.

**محتوی پروتئین**

با توجه به جدول 3، افزودن آرد هسته انار، دارای اثر خطی مثبت و معنی‌داری بر مقدار پروتئین بود. به‌طوری که بالاترین میزان پروتئین مربوط به تیمار با بالاترین میزان جایگزینی بود (شکل 1، ه). از انجایی که میزان پروتئین موجود در آرد هسته انار مورد استفاده در این آزمایش 16/59 درصد بود، حصول این نتایج پیش‌بینی می‌شد. سایر پژوهش‌ها نشان داده است که افزودن پودر چای سبز به فرمولاسیون، باعث افزایش میزان پروتئین نمونه‌ها شد (Lu *et al*, 2010). همچنین افزودن آرد سویای بدون چربی به بیسکوئیت (Akubor & Ukwuru, 2003). میزان پروتئین تیمارها را به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

مطابق جدول 3، آنالیز واریانس اثر خطی آرد هسته انار (P<0/01) و صمغ زانتان (P <0/01) بر مقدار شاخص حجم معنی‌دار شدند. سایر عوامل اثرات معنی‌دار نداشتند. همان طوری که در شکل 1 (و) ملاحظه می‌شود که افزایش میزان صمغ موجب افزایش شاخص حجم و افزایش میزان جایگزینی موجب کاهش شاخص حجم شد. افزایش حجم ناشی از میزان ویسکوزیته بالای خمیر نمونه‌های حاوی زانتان نسبت به نمونه شاهد که در مرحله پخت حباب‌های گاز را نگه داشته و باعث افزایش شاخص حجم کیک گردیده است. Gomez و همکاران (2007) گزارش کردند که نمونه‌های حاوی زانتان شاخص حجم بالاتری و مقبولیت بیشتری نسبت به نمونه شاهد داشتند زیرا ویسکوزیته بالای خمیر است مانع از خروج بیشتر حباب‌های گاز در مرحله پخت می‌شود. بررسی نتایج حاصل از اثر زانتان و کنجاله بادام مشخص شد که نمونه‌های حاوی کنجاله بادام نسبت به نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری ندارد، در حالی که نمونه‌های حاوی زانتان در سطح معنی‌دار باعث افزایش این مولفه نسبت به نمونه شاهد شد. افزایش حجم ناشی از میزان ویسکوزیته بالای خمیر نمونه‌های حاوی زانتان نسبت به نمونه شاهد که در مرحله پخت حباب‌های گاز را نگه داشته و باعث افزایش شاخص حجم کیک گردیده است (عوض صوفیان و همکاران، 1393).

**شاخص حجم**

**تخلخل**

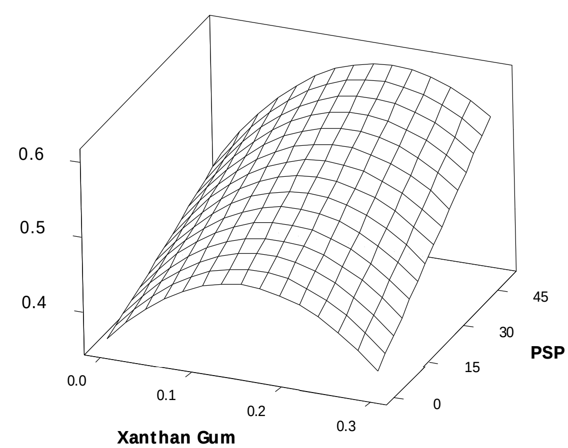
مطابق جدول 3 آنالیز واریانس اثرات خطی آرد هسته انار (P<0/001) و صمغ زانتان (P <0/01) بر مقدار تخلخل معنی‌دار شدند. بررسی شکل 1 (ح)، حاکی از آن است که افزایش میزان جایگزینی موجب کاهش تخلخل و همچنین افزایش میزان صمغ

موجب افزایش تخلخل در نمونه‌ها شد. افزایش میزان تخلخل به دلیل کاهش اندازه و افزایش تعداد سلول‌های گازی در بافت محصول است (عوض‌صوفیان و همکاران، 1393). تأثیر صمغ‌های گوار و زانتان بر خواص کیفی کیک روغنی نشان داد که افزایش صمغ‌ها موجب افزایش تخلخل در نمونه‌ها به علت افزایش و توزیع مطلوب‌تر بخار آب و گاز در خمیرهای تهیه شده بود (سوهان‌آجینی و همکاران، 1396). اگرچه برای ایجاد تخلخل در بافت کیک می‌توان از گاز کربنیک، مواد شیمیایی مجازی که گاز کربنیک آزاد می‌کند و یا عمل هوا دادن در اثر کرم کردن روغن، شکر و تخم‌مرغ استفاده نمود اما حفظ حالت اسفنجی به عهده شبکه گلوتن است (Hojatoleslam and Azizi, 2015). نتایج حاصل از بررسی تخلخل کیک اسفنجی حاوی اکارا نشان داد افزایش میزان جایگزینی سبب کاهش تخلخل شد. گلوتن پروتئین منحصر به‌فرد گندم، مسبب اصلی حفظ و نگهداری گازهای ایجاد شده در خمیر است. به این ترتیب، تخلخل کیک تولید شده با اکارا به دلیل کاهش نسبی گلوتن در خمیر، روندی نسبتا نزولی را نشان می‌دهد (مرتضوی‌نژاد و همکاران، 1394).

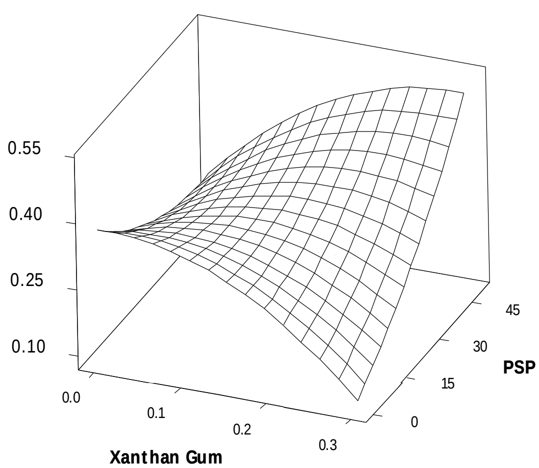
## رنگ‌سنجی

بررسی تغییرات شاخص‌های $L^*$، $a^*$ و $b^*$ مغز و پوسته تیمارها در جدول 4 نشان می‌دهد که مدل‌های پیشنهادی در این پژوهش از $R^2$ و $R^2$ (adj) متناسب، بالا و معنی‌داری برخوردار است.

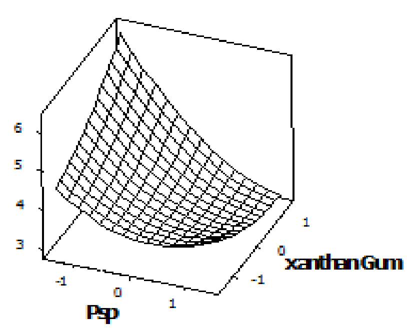
الف



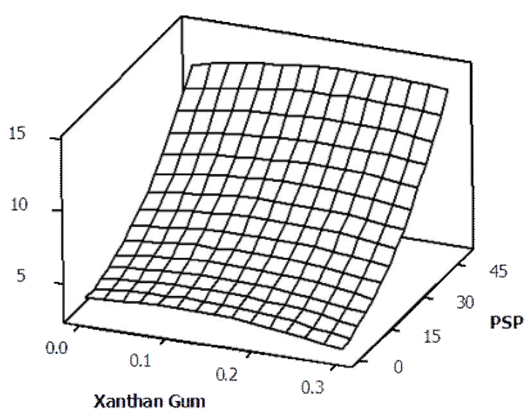

ب




ج

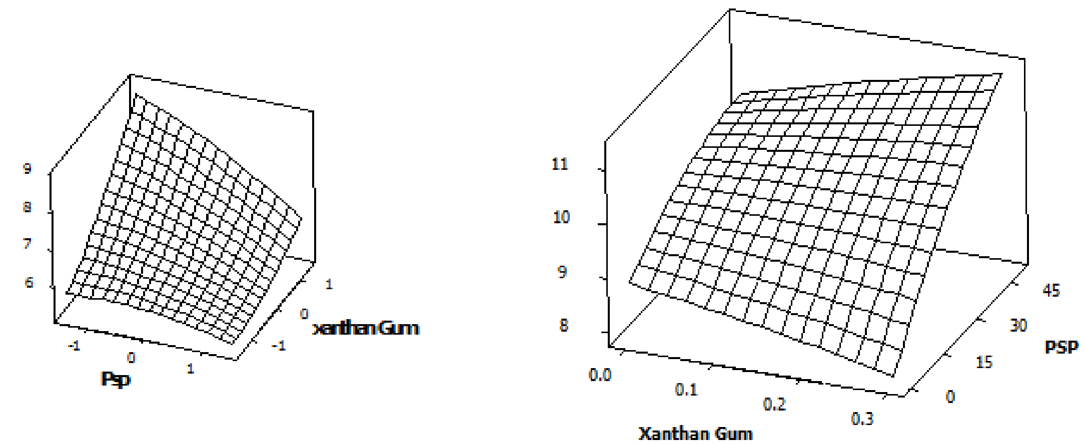



د

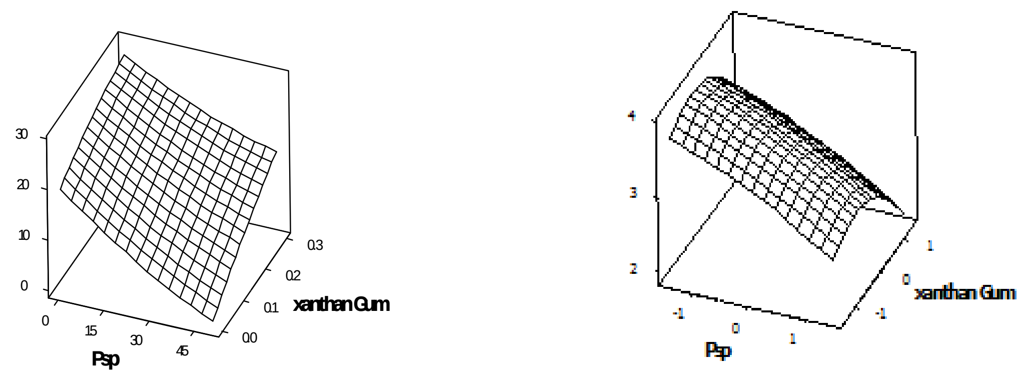



ه

و




ح ز




**شکل 1- نمودار سطح پاسخ (الف) دانسیته ($gr/cm^3$)، (ب) سفتی (N)، (ج) پذیرش کلی، (د) فیبر (%)، (ه) پروتئین (%)، (و) شاخص حجم (cm)، (ز) افت پخت (gr)، (ح) تخلخل کیک‌های غنی شده.**

### رنگ‌سنجی پوسته

با استفاده از جدول 4 آنالیز واریانس نتایج بررسی ویژگی رنگ‌سنجی پوسته نشان داد که برای ویژگی $L^*$ پوسته اثر خطی (P<0/01) و درجه دوم (P <0/05) آرد هسته انار معنی‌دار شدند. برای $a^*$ پوسته اثر خطی (P<0/01) و درجه دوم (P<0/05) آرد هسته انار و اثر درجه دوم صمغ (P<0/05) معنی‌دار شدند. و برای $b^*$ پوسته اثر خطی (P<0/001) و درجه دوم (P<0/01) آرد هسته انار و نیز اثر خطی صمغ زانتان (P<0/05) معنی‌دار شدند. مطابق جدول 4 برای ویژگی $L^*$ پوسته بیشترین مقدار مربوط به تیمار مربوط به تیمار شاهد بود. نتایج نشان داد که افزایش میزان جایگزینی موجب کاهش روشنایی شد. افزایش میزان جایگزینی و صمغ موجب افزایش میزان قرمزی در پوسته کیک شد. برای ویژگی $b^*$ پوسته کمترین میزان مربوط به تیمار با بیشترین میزان جایگزینی بود. با افزایش میزان صمغ تا حدی میزان $b^*$ پوسته افزایش یافت. افزایش میزان جایگزینی موجب کاهش $b^*$ پوسته شد. کاهش روشنایی و افزایش شاخص $a^*$ ممکن است به دلیل میزان بالای آنتوسیانین‌ها از جمله دلفینیدین،

سیانیدین و پلارگونیدین در پودر هسته انار باشد (He *et al*., 2011). در تحقیقی که به بررسی خصوصیات تکنولوژیکی و تصویری کیک اسفنجی حاوی آرد کنجاله کنجد و آناناس انجام شد، مشخص شد که با افزایش میزان کنجاله کنجد و آناناس، میزان روشنایی در پوسته نمونه‌ها کاهش یافت. همچنین افزایش کنجاله کنجد و آناناس به‌طور جداگانه، موجب افزایش فاکتور $a^*$ و کاهش میزان زردی در پوسته شد (صادقی‌زاده دهکردی و همکاران، 1396). در مطالعه‌ای دیگر استفاده از کنجاله بادام شیرین در تولید کیک بدون گلوتن، موجب کاهش معنی‌دار مولفه $L^*$ نسبت به نمونه شاهد شد (عوض‌صوفیان و همکاران، 1393).

**جدول 4- آنالیز واریانس رنگ‌سنجی توسط تکنیک پردازش تصویر**

| منابع | پوسته کیک | | | مغز کیک | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $L^*$ | $a^*$ | $b^*$ | $L^*$ | $a^*$ | $b^*$ |
| رگرسیون | 4/66$^{*}$ | 6/42$^{*}$ | 86/46$^{***}$ | 60/95$^{***}$ | 6/96$^{*}$ | 17/10$^{**}$ |
| خطی | 6/29$^{*}$ | 7/40$^{*}$ | 203/81$^{***}$ | 137/38$^{***}$ | 14/65$^{**}$ | 38/79$^{***}$ |
| $\beta_1$ | 12/53$^{**}$ | 14/09$^{**}$ | 401/68$^{***}$ | 274/77$^{***}$ | 28/70$^{**}$ | 76/72$^{***}$ |
| $\beta_2$ | 0/06$^{ns}$ | 0/71$^{ns}$ | 5/93$^{*}$ | 0$^{ns}$ | 0/61$^{ns}$ | 0/86$^{ns}$ |
| درجه دوم | 5/35$^{*}$ | 8/51$^{*}$ | 12/25$^{**}$ | 14/25$^{**}$ | 1/97$^{ns}$ | 3/32$^{*}$ |
| $\beta_{11}$ | 9/76$^{*}$ | 9/24$^{*}$ | 24/45$^{**}$ | 12/26$^{*}$ | 1/78$^{ns}$ | 3/73$^{*}$ |
| $\beta_{22}$ | | 5/61$^{*}$ | 0/19$^{ns}$ | 12/53$^{**}$ | 2/67$^{ns}$ | 2/08$^{ns}$ |
| برهم‌کنش | 0/01$^{ns}$ | 0/27$^{ns}$ | 0/18$^{ns}$ | 1/48$^{ns}$ | 1/54$^{ns}$ | 1/26$^{ns}$ |
| $\beta_{12}$ | 0/01$^{ns}$ | 0/27$^{ns}$ | 0/18$^{ns}$ | 1/48$^{ns}$ | 1/54$^{ns}$ | 1/26$^{ns}$ |
| عدم برازش | 1/90$^{ns}$ | 2/64$^{ns}$ | 0/98$^{ns}$ | 0/68$^{ns}$ | 0/79$^{ns}$ | 3/81$^{ns}$ |
| CV | 11/80 | 54/68 | 10/43 | 55/25 | 51/38 | 13/23 |
| press | 377/736 | 132/275 | 8/208 | 16/121 | 113/350 | 67/896 |
| $R^2$ | 76/89 | 82/09 | 98/41 | 97/75 | 83/25 | 92/43 |
| $R^2$-adjust | 60/38 | 69/30 | 97/27 | 96/15 | 71/28 | 87/02 |

$^{*}$معنی‌دار در سطح 0/05، $^{**}$معنی‌دار در سطح 0/01، $^{***}$معنی‌دار در سطح 0/001 و $^{ns}$غیر معنی‌دار بودن را نشان می‌دهد.

## رنگ‌سنجی مغز

نتایج حاصل از آنالیز واریانس جدول 4 نشان داد که برای ویژگی $L^*$ اثر خطی ($P<0/001$) و درجه دوم آرد هسته انار ($P<0/05$) و اثر درجه دوم صمغ زانتان ($P<0/01$)، برای ویژگی $a^*$ اثر خطی آرد هسته انار ($P<0/01$) و برای ویژگی $b^*$ مغز اثر خطی ($P<0/001$) و درجه دوم آرد هسته انار ($P<0/05$) معنی‌دار شدند. با افزایش میزان جایگزینی و صمغ از میزان روشنایی نمونه‌ها کاسته شد. بیشترین مقدار $a^*$ مربوط به تیمار با بیشترین میزان جایگزینی (50 درصد)، و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد بود. افزایش جایگزینی موجب افزایش میزان قرمزی در نمونه‌ها شد. با افزایش میزان جایگزینی از زردی نمونه‌ها کاسته شد. در پژوهشی دیگر تاثیر پودر اکارا بر مولفه-های رنگی مغز کیک اسفنجی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که افزایش اکارا موجب افزایش فاکتور $a^*$ شد. همچنین یافته‌ها در مورد مولفه $L^*$ با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. این ویژگی به پروتیین زیاد موجود در اکارا و شرکت آن در واکنش میلارد مربوط می‌شود (مرتضوی‌نژاد و همکاران، 1394). بررسی اثر پودر سیب بر مولفه‌های رنگی مغز کیک اسفنجی نشان داد که با افزایش درصد پودر سیب میزان روشنایی به‌طور معنی‌داری کاهش یافته و نمونه‌ها تیره‌تر شدند. شاخص $a^*$ با افزودن پودر سیب افزایش یافته که نشان-دهنده افزایش رنگ قرمز در تیمارها شد و نمونه‌ها قرمزتر شدند (صالحی و همکاران، 1395). جایگزینی پودر قارچ صدفی (*Pleurotuseryngii*) با آرد در کیک اسفنجی، باعث کاهش زردی و روشنایی پوسته کیک شد در حالی‌که قرمزی افزایش یافت (Jeong & shim, 2004).

## ویژگی‌های حسی کیک

بررسی تغییرات ویژگی‌های حسی نشان می‌دهد که مدل‌های پیشنهادی برای این فاکتورها از $R^2$ و $R^2$ (adj) متناسب، بالا و معنی‌داری برخوردار است. همچنین آزمون عدم برازش آنها بی‌معنی است که نشان‌دهنده کارایی مدل ارائه شده در پیش بینی پارامترهای مورد ارزیابی است. مطابق جدول 5، برای ویژگی بافت اثر خطی صمغ زانتان منفی و در سطح ($P<0/05$) معنی‌دار شد. اثر درجه دوم صمغ

زانتان نیز مثبت و معنی‌دار (P <0/05) شد. افزایش درصد صمغ موجب کاهش امتیاز مربوط به بافت نمونه‌ها شد. مطابق جدول 5 برای ویژگی سفتی اثر خطی صمغ زانتان در سطح (P<0/05) و اثر درجه دوم آرد هسته انار در سطح (P<0/01) و درجه دوم صمغ زانتان در سطح (P<0/05) معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل آن‌ها در سطح (P<0/05) معنی‌دار شد. افزایش جایگزینی موجب افزایش فاکتور سفتی و افزایش میزان صمغ موجب کاهش سفتی در نمونه‌ها شد که با نتایج Lebesi و Tzia (2011) مطابقت داشت. برای ویژگی عطر و طعم، اثر خطی آرد هسته انار در سطح (P <0/01) معنی‌دار شد، به‌طوری که کمترین میزان مقبولیت مربوط به تیمار با میزان بالای جایگزینی، به علت طعم ترش در نمونه‌ها بود. ولی در درصدهای پایین‌تر جایگزینی، طعم ترش قابل ملاحظه نبود و تأثیر چندانی بر طعم نداشت. نتایج آنالیز واریانس برای ویژگی قابلیت جویدن مطابق جدول 5 نشان داد که اثر خطی آرد هسته انار در سطح (P <0/01) معنی‌دار شد. افزایش میزان جایگزینی موجب کاهش قابلیت جویدن در نمونه‌ها شد. با نگاه به این جدول، مشخص می‌شود که برای ویژگی پذیرش کلی اثر خطی آرد هسته انار در سطح (P<0/01) معنی‌دار شد. به‌طوری که همان طوری که در شکل 1 (ج) ملاحظه می‌شود با افزایش جایگزینی از امتیاز پذیرش کلی نمونه‌ها کاسته شد که با نتایج صالحی و همکاران (صالحی و همکاران، 1395) مطابقت داشت. در پژوهشی استفاده از پودر کدوتنبل در تولید کیک و بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن نشان داد که نمونه‌های حاوی پودر کدوتنبل نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری (p<0/05) داشت و امتیاز بیشتری نسبت به نمونه شاهد به‌دست آوردند. در کلیه فاکتورهای حسی افزایش میزان کدوتنبل از سطح 3 درصد بیشتر، موجب کاهش امتیاز شد (ملکی اسکی و همکاران، 1395).

**جدول 5- آنالیز واریانس ویژگی‌های حسی کیک**

| منابع | پذیرش کلی | قابلیت جویدن | عطر و طعم | سفتی | بافت |
|---|---|---|---|---|---|
| رگرسیون | 5/06* | 5/93* | 5/06* | 7/69** | 4/83* |
| خطی | 9/75** | 12/22** | 11/17** | 4/21* | 7/15* |
| $\beta_1$ | 18/53** | 23/60** | 22/29** | 0/04 ns | 3/37 ns |
| $\beta_2$ | 0/96 ns | 0/84 ns | 0/05 ns | 8/37* | 10/92* |
| درجه دوم | 1/73 ns | 1/99 ns | 0/52 ns | 10/31** | 3/73* |
| $\beta_{11}$ | 3/29 ns | 2/95 ns | 0/59 ns | 12/63** | 0/60 ns |
| $\beta_{22}$ | 0/43 ns | 1/51 ns | 0/33ns | 5/47* | 7/27* |
| برهم‌کنش | 2/37 ns | 1/23 ns | 1/91 ns | 9/43* | 2/38 ns |
| $\beta_{12}$ | 2/37 ns | 1/23 ns | 1/91 ns | 9/43* | 2/38 ns |
| عدم برازش | 2/95 ns | 0/44 ns | 1/82 ns | 0/11 ns | 2/09 ns |
| CV | 19/58 | 12/98 | 12/94 | 9/22 | 12/54 |
| press | 7/790 | 1/504 | 2/458 | 0/442 | 2/946 |
| $R^2$ | 78/34 | 80/89 | 78/32 | 84/60 | 77/51 |
| $R^2$-adjust | 62/88 | 67/24 | 62/84 | 73/60 | 61/45 |

*معنی‌دار در سطح 0/05، **معنی‌دار در سطح 0/01، ***معنی‌دار در سطح 0/001 و nsغیرمعنی‌دار بودن را نشان می‌دهد.

## بهینه‌یابی

پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، بهینه‌سازی عددی به‌منظور دستیابی به سطوح بهینه متغیرهای مستقل انجام شد. به‌طوری که اثبات شد فرمول بهینه از جایگزینی 23/23 درصد آرد هسته انار و 0/2 درصد صمغ به‌دست می‌آید. برای بررسی صحت مدل فرمول بهینه تهیه و ویژگی‌های آن تعیین شد. بررسی یافته‌های جدول 6، نشان می‌دهد که مدل به‌دست آمده از کارایی بالایی برخوردار است.

## ویژگی‌های ماندگاری

### پراکسید

نمودار مربوط به تأثیر آرد هسته انار و صمغ بر میزان عدد پراکسید نمونه بهینه و شاهد در طی 14 روز نگهداری در دمای اتاق در شکل 1 آورده شده است. عدد پراکسید یکی از مهمترین پارامترها برای ارزیابی درجه فساد لیپیدهاست. روغن‌های تازه تصفیه شده باید عدد پراکسید صفر داشته باشند اما عدد پراکسید برای پایداری نگهداری قابل قبول باید کمتر از 5 میلی‌مول بر کیلوگرم نمونه باشد (Nasir *et al*., 2009). همه تیمارها در روز 7 و 14 نگهداری از لحاظ عدد پراکسید با روز اول اختلاف معنی‌داری (P<0/05) داشتند. بیشترین افزایش در عدد پراکسید مربوط به نمونه شاهد بود اما عدد

پراکسید نمونه بهینه نسبت به نمونه شاهد افزایش کمتری را نشان داد. که این نشان‌دهنده وجود ترکیبات فنولیک در هسته انار می‌باشد که در نمونه بهینه خاصیت آنتی‌اکسیدانی نشان می‌دهد. میزان ترکیبات فنولیک هسته انار بین 0/2 تا 1/02 درصد متغیر است (صمدلوئی و همکاران، 1386).

**جدول 6-ویژگی‌های نمونه بهینه**

| ویژگی | مقدار پیش‌بینی شده | مقدار به‌دست آمده |
|---|---|---|
| تقارن (cm) | 0/018 | 0/022 |
| حجم ($cm^3$) | 42/501 | 41/525 |
| دانسیته ($gr/cm^3$) | 0/513 | 0/536 |
| افت وزنی (cm) | 3/145 | 3/825 |
| شاخص حجم (cm) | 7/111 | 8/146 |
| فیبر (%) | 6/361 | 6/361 |
| پروتئین (%) | 9/840 | 9/840 |
| تخلخل | 18/314 | 17/456 |
| پوسته $L^*$ | 53/437 | 52/59 |
| پوسته $a^*$ | 6/070 | 10/25 |
| پوسته $b^*$ | 22/034 | 23/25 |
| مغز $L^*$ | 57/057 | 56/25 |
| مغز $a^*$ | 7/612 | 8/46 |
| مغز $b^*$ | 26/021 | 27/37 |
| سفتی (N) | 0/305 | 0/401 |
| بافت | 3/421 | 4 |
| سفتی | 3/505 | 3/5 |
| عطر و طعم | 3/475 | 4/5 |
| قابلیت جویدن | 3/620 | 4 |
| پذیرش کلی | 3/812 | 4 |

### سفتی

جدول 7 نشان می‌دهد که تیمار شاهد نسبت به نمونه بهینه بیشترین افزایش سفتی را در طی 14 روز نگهداری نشان داد. که مشخص می‌شود افزایش میزان جایگزینی و صمغ زانتان در فرمولاسیون کیک سبب به تاخیر انداختن سفت شدن بافت محصول نهایی در طی 14 روز نگهداری می‌شود. دلیل آن حفظ و نگهداری رطوبت به دلیل مقادیر بالای فیبر می‌باشد که آب را در خود نگه داشته و به مرور آزاد می‌کند که همین رهایش رطوبت باعث کاهش سفتی کیک در طول زمان می‌شود. به همین دلیل بین سفتی کیک و درصد رطوبت آن رابطه معکوس وجود دارد. در بررسی تأثیر کتیرا بر کیک اسفنجی مشخص شد که در طی انبارداری با افزایش میزان کتیرا تا 0/4 درصد، بافت کیک نسبت به نمونه شاهد به‌طور معنی-داری نرم‌تر شد (حاج‌محمدی و همکاران، 1393).

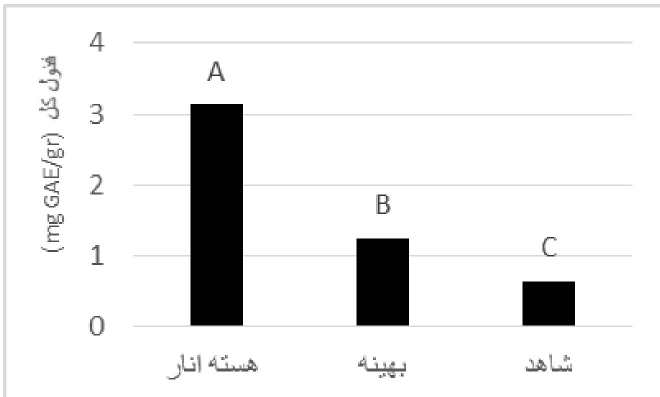
### رطوبت

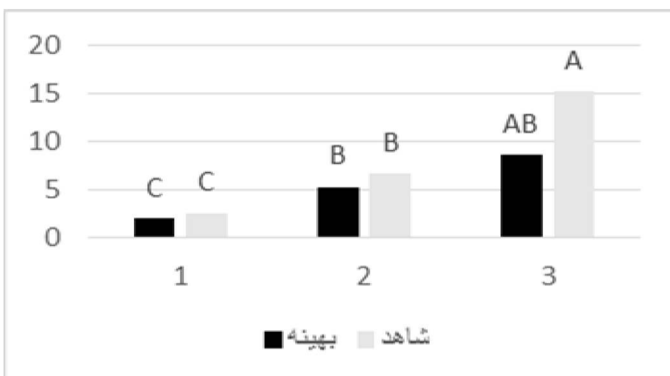
مطابق جدول 7 تیمارها در روز 14 نسبت به روز اول از لحاظ رطوبت کاهش معنی‌داری داشتند ($P<0/05$). رطوبت تیمار بهینه در روز هفتم اختلاف معنی‌داری با روز اول نداشتند. تیمار بهینه نسبت به تیمار شاهد کمترین کاهش رطوبت را در طی 14 روز نگهداری نشان داد. که نشان‌دهنده ارتباط بین میزان صمغ و پودر هسته انار با محتوی رطوبت نمونه‌هاست. به عبارت دیگر هیدروکلوئید و فیبر موجود در پودر هسته انار توانسته‌اند با پیوند هیدروژنی و یا گیر انداختن فیزیکی از خروج رطوبت جلوگیری کنند.

### فنول کل

نمودار محتوای فنول کل برای نمونه شاهد و بهینه و پودر هسته انار در شکل 2 نشان داده شده است. دانه انار حاوی میزان فنول کل بالاتری از آب انار است. ترکیبات فنولیک در گیاهان به‌صورت محلول (استرهای آزاد و محلول و گلیکوزیدها) و شکل‌های نامحلول وجود

دارد. فنولیک اسیدها قادر به تشکیل استر و ارتباط از طریق گروه‌های کربوکسیلیک و هیدروکسیل هستند. این پیوندها اجازه اتصال عرضی فنولیک اسید با مولکول‌های دیواره سلولی را می‌دهند که به‌عنوان ترکیبات فنولیک نامحلول شناخته می‌شوند. ترکیبات فنولیک نامحلول می‌توانند توسط قلیا، اسید و آنزیم قبل از فرایند کردن نمونه‌ها آزاد شوند. فنولیک اسیدها به‌عنوان هیدروکسی بنزوئیک اسیدها، هیدروکسی سینامیک اسیدها و سایر مشتقات آن‌ها نیز شناخته می‌شوند. به‌طور کلی پروتوکاتچوئیک اسید، وانیلیک اسید، گالیک اسید، کربوکسیلیک اسید، هیدروکسی بنزوئیک اسید، مشتقات کافئیک اسید، فرولیک اسید، کاتچین، و الاژیک اسید برای اولین بار در دانه انار شناخته شد (Ambigaipalan *et al.*, 2017). بررسی‌ها نشان داده است که عصاره آبی هسته انار برابر 0/3 w/w درصد و عصاره متانولی برابر 2/6 w/w بود (Singh *et al*., 2002). همچنین Heو همکاران (2011) گزارش کردند که محتوای فنول کل استخراج شده با استون 70 درصد در هسته انار معادل 2427/90 میلی‌گرم کاتچین اکی‌والان در 100 گرم وزن خشک بود




**شکل 2- مقایسه عصاره آبی و عصاره متانولی و محتوای فنول کل نمونه بهینه، شاهد و پودر هسته انار**

**جدول7- مقایسه میانگین نتایج آزمون سفتی و رطوبت در طی 14 روز نگهداری**

| | سفتی | | | رطوبت | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تیمار | روز 1 | روز 7 | روز 14 | روز 1 | روز 7 | روز 14 |
| بهینه | 0/40 ± 0/00$^{aC}$ | 0/76 ± 0/11$^{bB}$ | 1/31 ± 0/10$^{bA}$ | 16/96 ± 0/64$^{aA}$ | 15/96±1/03$^{aA}$ | 12/48±0/07$^{Ab}$ |
| شاهد | 0/45 ± 0/11$^{aC}$ | 1/19± 0/16$^{aB}$ | 2/39± 0/21$^{aA}$ | 14/40±0/84$^{bA}$ | 12/7±0/22$^{bB}$ | 9/60±0/20$^{bC}$ |

در هر ردیف و ستون به ترتیب حروف بزرگ و کوچک غیر مشترک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 0/05 می‌باشد.

## نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش جایگزینی آرد گندم با آرد هسته انار در کنار استفاده از صمغ زانتان بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حسی کیک اسفنجی تاثیرگذار بوده است. به طوری که افزایش جایگزینی موجب افزایش دانسیته، سفتی بافت، و شاخص $a^*$ پوسته و مغز، محتوای فیبر و پروتیین و مقدار فنول نمونه بهینه نسبت به نمونه شاهد و کاهش افت وزنی، تقارن، حجم، تخلخل، شاخص حجم، شاخص‌های $L^*$ و $b^*$، قابلیت جویدن، پذیرش کلی و عطر و طعم در نمونه‌ها گردید. افزایش درصد صمغ موجب افزایش حجم، ، تخلخل، شاخص حجم و کاهش دانسیته، سفتی بافت و افت وزنی نمونه‌ها شد. افزایش میزان صمغ در طی دوره نگهداری موجب افزایش سفتی در نمونه‌ها گردید در حالیکه افزایش میزان جایگزینی تغییر معناداری از لحاظ سفتی در تیمارها در طی مدت زمان 7 و 14 روز نگهداری در تیمارها ایجاد نکرد. مقدار عدد پراکسید و سفتی بافت برای نمونه بهینه در طی 14 روز نگهداری نسبت به نمونه شاهد افزایش کمتری نشان داد. مقدار بهینه پیشنهادی نرم افزار شامل 0/2 درصد صمغ و 23/23 درصد آرد هسته انار بود

## منابع


AACC, 1999. Approved method of the American Association of cereal chemists. 9th ed. Methods,. St. Paul, MN, USA.

AACC.2000. Approved methods of the American of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. *American Association of Cereal Chemists*, St. Paul, MN.

Akubor, P. and Ukwuru, M. (2003). Functional properties and biscuit making potential of soybean and cassava flour blends. *Plant Foods for Human Nutrition*. 58:1-12.

Ambigaipalan, P., de Camargo, A. and Shahidi, F. (2017). Identification of phenolic antioxidants and bioactives of pomegranate seeds following juice extraction using HPLC-DAD-ESI-MS n. *Food Chemistry* 221: 1883-1894.

Amirabadi, S., Kuchaki, A. and Mohebi, M. 2014. Effect of xanthan and Ghodumeh Gum on the quality and durability of Shifan Cake. *Iranian Journal of Food Science and Technology*. 10, 386-375. (in persian)

Amiri Kajuri, S., Heshmatipour, Z. Ghorbanali Nejad, A. 2014, Isolation, identification and evaluation of Xanthan gum production by Xanthomonas spp., Isolated from lemon tree leaves. *Journal of the World of Germs*. 4, 328-321. (in persian)

AOCS cd-8-53, 1989. Peroxide value (acetic acid-chloroform) Official method Cd: 8-53 AOCS, Champaign, I110.

Aqa Mohammadi, B., Ghiasi Tarzi, B., Honarvar, M., and Delkhosh, B. 2012. Effect of using molasses as a substitute for sugar on the physicochemical and sensory properties of cake. *Journal of Food Science and* Technology. 4, 45-36. (in persian)

Avaz-Sufiyan, A., Aalami, M., Sadeghi Mahonak, A., Ghorbani, M. and Ziaiefar, A. 2014. Using Sweet Almond Meal and Xanthan Gum in the Production of Gluten-Free Cakes. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 3, 196- 185. (in persian)

Ayoubi, A., Habibi Najafi, M. and Karimi, M. 2008. Effect of adding protein concentrate of whey and guar and xanathan gum on the qualitative properties of physicochemical cake. *Journal of Iranian Science and Technology Researches*. 61, 43-33. (in persian)

Bagheri, H., Mohebi, M. and Kuchaki, A. 2014. Investigating the possibility of producing gluten-free bread using sorghum flour and admixture of Qadummeh and xanthan Gums. *Food Science and Nutrition*. 2, 86-75. (in persian)

Barcenas, M. and Rosell, C. (2005). Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. *Food hydrocolloids* 19: 1037-1043.

Dadashi, S., Musa Zadeh, M., Mousavi, S. And Yavari, Ali. 2011. Evaluation of chemical composition of kernel and antioxidant properties of some Iranian pomegranate cultivars. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 29: 515-502. (in persian)

El-Nemr, S., Ismail, I., and Ragab, M. (1990). Chemical composition of juice and seeds of pomegranate fruit. *Molecular Nutrition and Food Research* 34:601-606.

Fahloul, D., Abdedaim, M., Trystram, G. (2010). Heat, mass transfer and physical properties of biscuits enriched with date powder. *Journal of Applied Sciences Research*, (November) 6:1680-1686.

Food and Agriculture Organization (FAO), Statistical Database 2012. Available online at: http://faostat.fao.org/site/573/DesktopDefault.aspx?PageID=573#ancor.

Foschia, M., Peressini, D., Sensidoni, A. and Brennan, C. (2013). The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products. Journal of Cereal Science. 58: 216-227.

Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P., Blanco, C., and Rosell, C. (2007). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*. 21: 167-173.

Gómez, M., Moraleja, A., Oliete, B., Ruiz, E., and Caballero, P. A. (2010). Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes. *LWT-Food Science and Technology*. 43 (1): 33-38.

Gularte, M., de la Hera, E., Gómez, M. and Rosell, C. (2012). Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. *LWT-Food science and technology*. 48:209-214.

Haj Mohammadi, A., Keramat, J., Hojatoleslami, M. and Molavi, H. 2014. Effect of tragacanth gum on quality properties of sponge cake. Quarterly Journal of Food Science and Technology. 42, 8-1. (in persian)

Hamzeh Louie, M., Mirzaie, H. and Ghorbani, M. 2009. Investigating the effect of replacing sugar stevias sweeteners on the Biscuit fat peroxide index. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*. 16, 5-1. (in persian)

He, L., Xu, H., Liu, X., He, W., Yuan, F., Hou, Z. and Gao, Y. (2011). Identification of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) seed residues and investigation into their antioxidant capacities by HPLC–ABTS+ assay. *Food Research International*. 44:1161-1167.

Hemmatian Soraki, A., Mahdavian Mehr, H., Pour Farzad, A. And Sedaghat, N. 2013. Optimization of Alkaline Extraction Conditions for Dietary Fiber of Brown Skin and Its Influence on Quality and Shelf Life Properties of Barberry Bread. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*. 1: 22-11. (in persian)

Hernandez, F., Melgarejo, P., Olias, J. M., and Artes, F. (2000). Fatty acid composition and total lipid content of seed oil from three commercial pomegranate cultivars. *CIHEAM-Options Mediterraneennes*.33 (2): 205-209.

Hojjatoleslami, M. and Azizi, M. (2015). Impact of Tragacanth and Xanthan Gums on the Physical and Textural Characteristics of Gluten-free Cake. *Nutrition and Food Sciences Research*. 2: 29-37.

Jeong, C. H., & Shim, K. H. (2004). Quality characteristics of sponge cakes with addition of *Pleurotus eryngii* mushroom powders. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*.

Kharttaqh, F., Nasehi, B. and Barzegar, H. 2017. Optimization of Dietary Cake Characteristics Enriched with Stewia Leaf Powder. *Journal of Food Science and Technology*. 69, 41-31. (in persian)

Khoddami, A., Man, Y. and Roberts, T. (2014). Physico-chemical properties and fatty acid profile of seed oils from pomegranate (*Punica granatum* L.) extracted by cold pressing. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 116: 553-562.

Kim, J., Lee, H., Lee, H., Lim, E., Imm, J. and Suh, H. (2012). Physical and sensory characteristics of fibre-enriched sponge cakes made with Opuntia humifusa. *LWT-Food Science and Technology*. 47: 478-484.

Lebesi, D. and Tzia, C. (2011). Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the baking and sensory characteristics of cupcakes. *Food and Bioprocess Technology*. 4: 710-722.

Lu, T., Lee, C., Mau, J. and Lin, S. D. (2010). Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. *Food Chemistry*. 119:1090-1095.

Majzoobi, M., Sharifi, S., Imani, B. and Farahnaky, A. (2013). The effect of particle size and level of rice bran on the batter and sponge cake properties. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 15: 1175-1184.

Maleki eski, k., Mirzaei, H. and fadavi,A. (2016). Using of Pumpkin powder in cake producing and evaluation some physicochemical and microbial properties of cake containing Pumpkin powder. *Journal of food science and technology*. 13, 183-193. (in persian)

Mortazavi Nezhad, S., Abbasi, H. and Jahadi, M. 2015. Optimization of the compositions of the sponge cake containing ocara. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 5, 14-1.

Nasir, M., Butt, M., Anjum, F., Jamil, A. and Ahmad, J. (2009). Physical and sensory properties of maize germ oil fortified cakes. Int. J. Agric. Biol. 11: 311-315.

Noor Aziah, A., Lee Min, W. and Bhat, R. (2011). Nutritional and sensory quality evaluation of sponge cake prepared by incorporation of high dietary fiber containing mango (Mangifera indica var. Chokanan) pulp and peel flours. *International journal of food sciences and nutrition*. 62:559-567.

Nouri, M., Nasehi, B., Samavati, V. and Mehdizadeh, S. (2017). Optimizing the effects of Persian gum and carrot pomace powder for development of low-fat donut with high fibre content. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 3:39-45.

Peyghambardoost, H., Homayouni Rad, A., Bikzadeh, S., Asghari Jafarabadi, M. and Bikzadeh, M. 2015. Effect of Basil Seed Mucilage on Physical, Sensory, and Spatial Cake Staling Characteristics. I*ranian Institute of Biochemistr*y. 1, 9-1. (in persian)

Sadeghizadeh Dehkordi, A., Najafabadi, M. and Abbasi, H. 2017. Study of technological and visual characteristics of sponge cake containing sesame and pineapple flour and determining the optimal level of these two nutrients. *Science and Food Industry*. 69, 268-255. (in persian)

Salehi, F., Kashani Nejad, M., Sadeghi Mahonak, A. and Ziaei Far, A. 2015. Enrichment of sponge cake with powdered mushroom button Dried in the infrared-hot air system. *Journal of Food Technology*. 9, 9-1. (in persian)

Samadlouei, H., Azizi, M. And Barzegar, M. 2007. Antioxidant effect of phenolic compounds of pomegranate seed on soybean oil. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*. 14: 7-1. (in persian)

Shahidi, F., Varidi, M., Mohebbi, M., Noshad, M. And Khalilyan Movahed, M. 2014. Optimization of Pomegranate Spray Drying Conditions Using Response Surface Methodology. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 3: 142-129. (in persian)

Singh, R., Chidambara Murthy, K. and Jayaprakasha, G. (2002). Studies on the antioxidant activity of pomegranate (Punica granatum) peel and seed extracts using in vitro models. *Journal of agricultural and food chemistry*. 50: 81-86.

Soohanaghini, A., Movahed, S. and Ahmadi Chenarben, H. 2017. Effect of Guar & Xanthan Gums as an alternative to fat part on the Quality Properties of Oil Cake. *Science and Food Industry*. 69, 306-295 (in persian).

Srivastava, Y. and Semwal, A. (2015). Effect of virgin coconut meal (VCM) on the rheological, micro-structure and baking properties of cake and batter. *Journal of food science and technology*, 52: 8122-8130.

Sudha, M., Baskaran, V. and Leelavathi, K. (2007). Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food chemistry*. 104: 686-692.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 16, No. 4, Oct- Nov 2020, p. 437-452

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 16، شماره 4، مهر - آبان 1399، ص. 452-437

# Effect of flour replacement with pomegranate seed powder on the properties of Sponge Cake

F. Eivani[1], B. Nasehi[2*], M. Noshad[3], H. Barzegar[4]

Received: 2019.06.23
Accepted: 2019.09.21

**Introduction:** Increasing the demand for purchase and use of high quality products with good health benefits has led to a lot of efforts to increase and maintain the quality of different products. Sponge cake is one of the cereal products that the stale and lack of dietary fiber in cake flour is one of the major problems in this product. Cake is one of the flour mills and is intermediate in terms of calorie content of bread and biscuits. This high-consumption product has many fans among children and adolescents. Given the fact that this group of people is in the age of growth and healthy and nutritious nutrition will play a significant role in their health, the enrichment of all kinds of cakes is among the most important issues. Since the predominant promise is low-value and even unattractive and with high calories, it only causes obesity and cardiovascular disease. Recently, the use of fruit and vegetable waste has become widespread to reduce environmental pollution. Considering that these lesions are important sources of polyphenols. Industrial and agricultural residues are sources of natural antioxidants and food fibers. The functional properties of some skin components, such as pectin, flavonoids, carotenoids, lemonies, and poly-methoxyflavones, should be taken into account. Nowadays, cake producers have a major problem with lipid oxidation, which limits the shelf life of their products. Bakery products such as cakes, especially those with high fat content, tend to become corrosive after prolonged storage due to unsaturated fatty acids. Special attention has been paid to the use of natural antioxidants to minimize the use of synthetic additives. In recent years, the growing trend of bakeries with nutritional value such as rich fiber has been observed. In order to increase fiber content in cake and muffins, several raw materials such as bran, outer layers of grains have been used.

**Materials and methods:** Pomegranate was purchased freshly from the market, then the seeds were separated, then the samples were dewatered and the cores were dried at 30 ° C for 2 days. The pomegranate cores were dried after milling and after passing the sieve with the mesh 35 was used. The dough was prepared and the pomegranate and xanthan gum flour was added to the dough. The prepared dough was poured into the mold, then the molds were bake for 30 minutes in an oven at 175 ° C. Cakes were then stored after leaving the oven and cooled in polyethylene packages at room temperature until further tests were performed. An image processing method was used to check the porosity and color of the crust and crumb of enriched cakes. For this purpose, the imaging was carried out in a special box with a uniform white light at all directions and from a fixed distance with the Canon Power Shot P500 Canon Camera. Pictures are saved in JPG format. To get the same levels from each image, Adobe Photoshop CS4 (Photoshop CS6) was designed with 457 x 504 pixels for the brain and skin. To colorize the samples, the RGB color space was converted by Image J software to * L,*a, and *b. In this research, the effect of replacing wheat flour with pomegranate powder (0-50%) and xanthan gum (0 to 0.3%) on the physico-chemical (Moisture, pH, ash, porosity, volume index, fiber and protein), qualitative (Density, stiffness, weight loss, symmetry, volume, color and durability) and sensory properties of cake were evaluated using the response surface method in the form of a composite design.

**Results and discussion:** The results of this study showed that increasing the replacement of pomegranate powder has a positive and significant effect on fiber content, protein and weight loss and negative effect on density properties, texture stiffness, symmetry, volume index, color indices, the overall acceptance and flavor of the samples. Also, increase in the percentage of xanthan gum has a positive and significant effect on density, texture stiffness, volume, porosity, and volume index and weight loss of samples. In general, the evaluation of all characteristics showed that the cake sample containing 0.1% gum and 22.22% pomegranate powder had the best quality. On the other hand, comparing the optimal sample and the control indicates that the replacement of pomegranate powder has increased the phenolic compounds and reduced peroxide value.

**Key Words:** Pomegranate seed, Functional, Dietary fiber

---

1, 3 and 4. Former MSc Student, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
2. Department of Agricultural Engineering and Technology, Payame Noor University (PNU), Iran
(*Corresponding author: Nasehi.b@pnum.ac.ir)